

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-035874

(43)Date of publication of application : 07.02.2003

(51)Int.Cl.

G02B 26/08
B81B 3/00

(21)Application number : 2001-222069

(71)Applicant : NIKON CORP

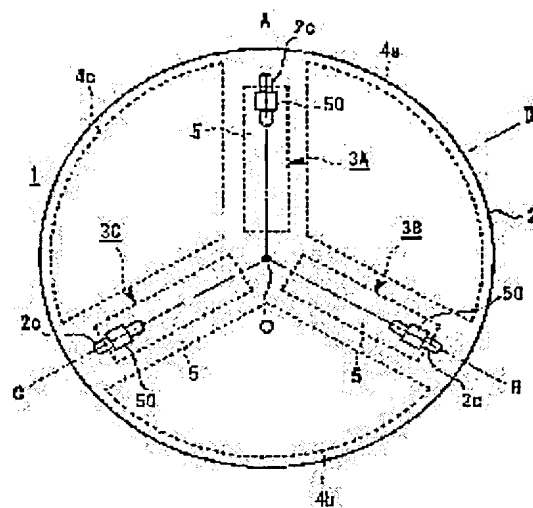
(22)Date of filing : 23.07.2001

(72)Inventor : ISHIZUYA TORU

(54) THIN-FILM SLIDE CONNECTING MECHANISM AND ITS MANUFACTURING METHOD, AND MIRROR DEVICE AND OPTICAL SWITCH USING THE SAME**(57)Abstract:**

PROBLEM TO BE SOLVED: To actualize size reduction and more improved mass-productivity while maintaining superior optical characteristics.

SOLUTION: A mirror device is equipped with a mirror 2 and a support mechanism which elastically supports the mirror 2 over a substrate 1 so that the mirror can slant in an arbitrary direction. The support mechanism has three support parts 3A to 3C which mechanically connect the substrate 1 and mirror 2. The support parts 3A to 3C each have one or more leaf spring part 5 which is composed of one or more layers of thin films. One end part of the leaf spring part 5 is connected to the substrate 1 through a leg part 9. The other end part of the leaf spring part 5 is mechanically connected to the mirror 2 by a thin-film slide connecting mechanism. The connecting mechanism has an oblong hole 2c bored in the mirror 2 and an insertion part 10 which is run through the oblong hole 2c with clearance and fixed to the other end part of the leaf spring part 5.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

特開2003-35874

(P2003-35874A)

(43) 公開日 平成15年2月7日 (2003.2.7)

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I
G 02 B 26/08		G 02 B 26/08
B 81 B 3/00		B 81 B 3/00

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 10 頁)

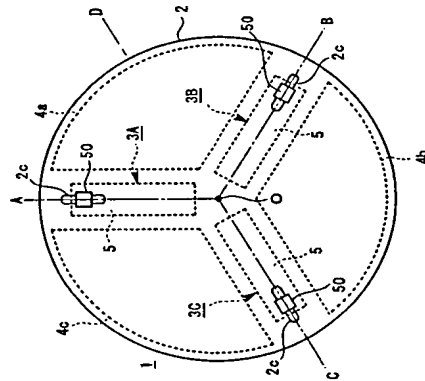
(21) 出願番号	特願2001-222088(P2001-222088)	(71) 出願人	000004112 株式会社ニコン
(22) 出願日	平成13年7月23日 (2001.7.23)	(72) 発明者	石津谷 敏 東京都千代田区外の内3丁目2番3号 株式会社ニコン本社内
		(74) 代理人	100096770 井理士 四宮 通 Pターム(参考) 2B41 A16 A314 A004 A006 A202 A208

(54) 発明の名称 薄型スライド接続機構及びその製造方法並びにこれを用いたミラーデバイス及び光スイッチ

(57) 要約

【課題】 優れた光学特性を有しながら、小型化及び生産性をより一層向上させる。

【解決手段】 ミラーデバイスは、ミラー2と、ミラー2を基板1に対して基板1から浮いた状態にかつ任意の方向に傾動可能に弾性支持する支持機構とを備える。支持機構は、基板1とミラー2との間を機械的に接続する3つの支持部3A~3Cを有する。各支持部3A~3Cは、1層以上の薄膜で構成された1つ以上の板ばね部5を有する。板ばね部5の一端部は、脚部9を介して基板1に接続される。板ばね部5の他端部は、薄膜スライド接続機構により、ミラー2に機械的に接続される。前記接続機構は、ミラー2に形成された長穴2cと、長穴2cに遊びを持って挿通される板ばね部5の他端部に固定された挿通部10と、を有している。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板と、1層以上の薄膜で構成されたミラーと、該ミラーを前記基板に対して前記基板から浮いた状態にかつ任意の方向に傾動可能に弾性支持する支持機構とを備え、供給される駆動信号に応じた方向及び傾き量で前記ミラーが前記基板に対して傾くミラーデバイスであって、
前記支持機構は、前記基板と前記ミラーとの間を機械的に接続する1つ以上の支持部を有し、
前記各支持部は、1層以上の薄膜で構成された1つ以上の板ばね部を有し、
前記1つ以上の支持部のうちの少なくとも1つの支持部において、前記1つ以上の板ばね部がなす機械的な接続ルートと前記ミラーとを相対的にスライド自在に機械的に接続する薄膜スライド接続機構により、前記ミラーに機械的に接続され、
前記薄膜スライド接続機構は、前記ミラーと前記接続ルートと前記薄膜スライド接続機構の一端部とを相対的にスライド自在に機械的に接続する前記板ばね部と、該長穴に遊びを持って挿通される前記板ばね部の一端部と、他方に固定された挿通部と、を有し、前記挿通部の前記長穴からの抜けが防止されるように構成されたことを特徴とするミラーデバイス。

【請求項2】 Nを3以上の整数として、前記1つ以上の支持部の数がNであり、当該N個の支持部は、前記ミラーの中心とする所定半径の円上において360°/Nの角度をなす前記ミラーのN個の箇所の付近を、前記薄膜スライド接続機構により、それぞれ略々前記半径の方向にスライド自在に支持することを特徴とする請求項1記載のミラーデバイス。

【請求項3】 1つ以上の光入力部から出射された光を複数の光出力部のいずれかに入射させる光スイッチにおいて、
請求項1又は2記載のミラーデバイスを含み、
前記1つ以上の光入力部から出射された光が、前記ミラーデバイスの前記ミラーで反射された後に、前記複数の光出力部のいずれかに入射することを特徴とする光スイッチ。

【請求項4】 1層以上の薄膜で構成され平板状部を持つ第1の部材と、第2の部材とを、相対的にスライド自在に機械的に接続する薄膜スライド接続機構であって、前記平板状部に長穴が形成され、前記長穴に遊びを持って挿通された挿通部が前記第2の部材に対して固定され、前記挿通部の前記長穴からの抜けが防止されるように構成されたことを特徴とする薄膜スライド接続機構。

【請求項5】 請求項4記載の薄膜スライド接続機構を製造する製造方法であって、前記第1及び第2の部材間に介在する犠牲層を形成する段階と、前記犠牲層を除去

する段階とを備えたことを特徴とする薄膜スライド接続の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、薄膜スライド接続機構及びその製造方法並びにこれを用いたミラーデバイス及び光スイッチに関するものである。この光スイッチは、例えば、光通信装置や光伝送装置等で用いることができるものである。

【0002】

【従来の技術】 近年の光通信技術の進展に伴い、光路を切り換えるための光スイッチの重要性が高まっている。光スイッチには、ミラー等の可動部を持つ機械式光スイッチと電気光学効果等を利用した電子式光スイッチとがある。機械式光スイッチは、電子式光スイッチに比べて、挿入損失やクロストークなどの光学特性に優れており、本質的な基本特性に優れている。しかし、機械式光スイッチは、電子式光スイッチに比べて、小型化や量産性の点で著しく劣るとされてきた。

【0003】 ところが、近年のMEMS (Micro-Electro-Mechanical System) 技術の発達に伴い、これを利用して集積度や量産性の向上を図った機械式光スイッチが提案されるに至っている。

【0004】 このようなMEMS技術を利用した従来の機械式光スイッチは、光路切り換えの原理として特公昭56-36401号公報に開示されたものと同様の原理を採用し、光路に進入及び退出可能に直線移動し得るミラーを2次元マトリクス状に配置したものであった。すなわち、この光スイッチは、M×N個のミラーを配置した基板と、基板の一边に沿って配置されたN本の光入力用ファイバと、基板の前記一边と直交する他の一边に沿って配置されたN本の光出力用ファイバとから構成されている。M×N個のミラーは、M本の光入力用ファイバの出力光路と光出力用ファイバの入射光路との交差点に対してそれぞれ進入及び退出可能に直線の法線方向に直線移動し得るよう、2次元マトリクス状に基板上に配置されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、前述したMEMS技術を利用した従来の機械式光スイッチでは、M本の光入力用ファイバからの光をN本の光出力用ファイバへ切り換えるために、2次元マトリクスに配置されたM×N個のミラーが必要となり、ミラーの数が増大していた。例えば、1000本の光入力用ファイバからの光を1000本の光出力用ファイバへ切り換えるようとする、基板上に10000個ものミラーを2次元マトリクスに配置する必要がある。したがって、前記従来の機械式光スイッチでは、MEMS技術を利用しており、旧来の機械式スイッチに比べれば小型化や量産性が向上しているものの、必ずしも十分なものではな

支持部は、前記ミラーの中心を中心とする所定半径の円上において360°/Nの角度をなす前記ミラーのN個の箇所の付近で、前記薄膜スライド接続機構により、それぞれ略前記半径の方向方向にスライド自在に支持するものである。

【0011】この第2の態様の様に支持部の数を3以上としてそれらによるミラーの支持箇所を設けると、ミラーをより安定して任意の方向に傾動可能に支持することができ、好ましい。

【0012】本発明の第3の態様による光スイッチは、1つ以上の光入力部から出射された光を複数の光出力部のいずれかに入力される光スイッチにおいて、前記第1又は第2の態様によるミラーデバイスを含み、前記1つ以上の光入力部から出射された光が、前記ミラーデバイスの前記ミラーで反射された後に、前記複数の光出力部のいずれかに入力されるものである。

【0013】この第3の態様によれば、前記第1又は第2の態様によるミラーデバイスが用いられているので、入力光路と複数のミラーで多くの出力光路に切り換えることができる。例えば、1000個のミラーで1000個の入力光路を1000個の出力光路に切り換えることが可能である。したがって、前記第3の態様によれば、ミラーの数が少なくても、前述した従来のMEMS技術を利用した機械式光スイッチに比べて、小型化及び生産性が大幅に向上する。勿論、ミラーを利用して光路を切り換えるので、電子式光スイッチに比べて、挿入損失やクロストークなどの光学特性に優れている。

【0014】本発明の第4の態様による薄膜スライド接続機構は、1層以上の薄膜で構成され平板状態を持つ第1の部材と、第2の部材とを、相対的にスライド自在に機械的に接続する薄膜スライド接続機構であって、前記平板状態に長穴が形成され、前記長穴に遊びを持って挿通された挿通部が前記第2の部材に対して固定され、前記挿通部の前記長穴からの抜けが防止されるように構成されたものである。前記第2の部材は、1層以上の薄膜で構成されてもよいし、他の構成でもよい。

【0015】この第4の態様による薄膜スライド接続機構は、前述した本発明によるミラーデバイスに好適に用いることができる。もともと、前記第4の態様による薄膜スライド接続機構の用途はこれに限定されるものではなく、他の種々のMEMSやその他の種々のマイクロマシーンにおいて用いることができる。

【0016】本発明の第5の態様による薄膜スライド接続機構の製造方法は、前記第4の態様による薄膜スライド接続機構を製造する製造方法であって、前記第1及び第2の部材間に介在する弾性層を形成する段階と、前記弾性層を除去する段階とを備えたものである。

【0017】この第5の態様によれば、弾性層を利用しているため、前記第4の態様による薄膜スライド接続機構を容易に製造することができる。

【0024】本発明は、このような事情に鑑みてなされたもので、ミラーを利用して光路を切り換えることにより優れた光学特性を確保しながら、前述した従来の光スイッチに比べて、小型化及び生産性をより向上させることができる光スイッチを提供することを目的とする。

【0027】また、本発明は、このような光スイッチなどに適したミラーデバイス並びに薄膜スライド接続機構及びその製造方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】前記課題を解決するため、本発明の第1の態様によるミラーデバイスは、基本と、1層以上の薄膜で構成されたミラーと、該ミラーを前記基本に対して前記基本から浮いた状態にかつ任意の方向に傾動可能に弾性支持する支持機構とを備え、供給される駆動信号に応じて前記ミラーが前記ミラーが前記基本に対して傾くミラーデバイスであって、前記支持機構は、前記基本と前記ミラーとの間を機械的に接続する1つ以上の（すなわち、1つ又は複数の）支持部を有し、前記各支持部は、1層以上の薄膜で構成された1つ以上の板ばね部を有し、前記1つ以上の支持部のうちの少なくとも1つの支持部において、前記1つ以上の板ばね部がなす機械的な接続ルートの一端部に相当する板ばね部の一端部は、当該一端部と前記ミラーとを相対的にスライド自在に機械的に接続する薄膜スライド接続機構により、前記ミラーに機械的に接続され、前記接続ルートの一端部は、前記ミラーの前記接続ルートの前記一端部に相当する前記板ばね部のうちの、一方に形成された長穴と、該長穴に遊びを持って挿通されて、前記ミラーと前記接続ルートの前記一端部に相当する前記板ばね部とのうちの、他方に固定された挿通部とを有し、前記挿通部の前記長穴からの抜けが防止されるように構成されたものである。

【0009】この第1の態様によれば、ミラーを前記基本に対して前記基本から浮いた状態にかつ任意の方向に傾動可能に弾性支持する支持機構は、薄膜で構成された板ばね部を利用した前述した構造を有しているため、構造が簡単となり、半導体製造工程の膜形成技術等を用いて簡単に製造することができる。そして、前記1つ以上の支持部のうちの少なくとも1つの支持部において、前記1つ以上の板ばね部がなす機械的な接続ルートの一端部に相当する前記板ばね部の一端部は、当該一端部と前記ミラーとを相対的にスライド自在に機械的に接続され、前記接続ルートの一端部は、前記ミラーの前記接続ルートの前記一端部に相当する前記板ばね部のうちの、一方に形成された長穴と、該長穴に遊びを持って挿通されて、前記ミラーと前記接続ルートの前記一端部に相当する前記板ばね部とのうちの、他方に固定された挿通部とを有し、前記挿通部の前記長穴からの抜けが防止されるように構成されたものである。

【0014】本発明の第4の態様による薄膜スライド接続機構は、1層以上の薄膜で構成され平板状態を持つ第1の部材と、第2の部材とを、相対的にスライド自在に機械的に接続する薄膜スライド接続機構であって、前記平板状態に長穴が形成され、前記長穴に遊びを持って挿通された挿通部が前記第2の部材に対して固定され、前記挿通部の前記長穴からの抜けが防止されるように構成されたものである。前記第2の部材は、1層以上の薄膜で構成されてもよいし、他の構成でもよい。

【0015】この第4の態様による薄膜スライド接続機構は、前述した本発明によるミラーデバイスに好適に用いることができる。もともと、前記第4の態様による薄膜スライド接続機構の用途はこれに限定されるものではなく、他の種々のMEMSやその他の種々のマイクロマシーンにおいて用いることができる。

【0016】本発明の第5の態様による薄膜スライド接続機構の製造方法は、前記第4の態様による薄膜スライド接続機構を製造する製造方法であって、前記第1及び第2の部材間に介在する弾性層を形成する段階と、前記弾性層を除去する段階とを備えたものである。

【0017】この第5の態様によれば、弾性層を利用しているため、前記第4の態様による薄膜スライド接続機構を容易に製造することができる。

【0018】本発明による薄膜スライド接続機構及びその製造方法並びにこれを用いたミラーデバイス及び光スイッチについて、図面を参照して説明する。

【0019】【第1の実施の形態】
【0020】図1は、本発明の第1の実施の形態によるミラーデバイスの単位素子を模式的に示す概略平面図である。図2は、図1中のO-A線に沿った縦断面図である。図3は、図1中のO-B線に沿った縦断面図である。図面には示していないが、図1中のO-B線に沿った縦断面図及び図1中のO-C線に沿った縦断面図において、図2と同様となる。なお、以下の説明において、上下は、図2に従うものとする。

【0021】本実施の形態によるミラーデバイスは、基本としてのS i基板やガラス基板等の基板1（その面は図1中の紙面と平行である。）と、ミラー2と、ミラー2を基板1に対して基板1から浮いた状態にかつ任意の方向に傾動可能に弾性支持する支持機構とを備え、供給される駆動信号に応じて前記ミラー2が基板1に対して傾くように構成されている。

【0022】本実施の形態では、ミラー2は、1層のA1膜（円板状）に形成され、その平板状の円板部2aの全周に渡って立ち下がり部2bが形成されている。ミラー2の底座は、例えば、シリコン（シリコン）である。図1中のOはミラー2の中心を示している。この立ち下がり部2bによって円板部2aの強度が補強されるので、円板部2aの平坦性を確保しつつ、円板部2aの厚みを薄くして軽量化を図ることができる。立ち下がり部2bに代えて立ち上がり部を形成しても同様である。もともと、本発明では、立ち下がり部2bで立ち上がり部を必ずしも形成する必要はない。また、ミラー2の材料もA1膜に限定されるものではなく他の材料でもよいし、異なる材料の2層以上の膜で構成してもよい。さらに、ミラー2の形状は円形に限定されるものではなく、例えば、矩形としてもよい。さらにまた、ミラー2の径を大きくすることによって、実質的にミラー2として作用する中央領域（有効ミラー領域）の他に、実質的にミラーとして作用しない周辺領域（無効ミラー領域）を設け、この領域に、例えば、遮光膜を形成してもよい。また、ミラー2の位置を調整して長穴2cを前記周辺領域に配置すれば、長穴2c等により反射光量が低下することがなく、ミラー2による反射光量を増大させることができる。

【0023】本実施の形態では、ミラー2は、ミラー2を傾動させるための駆動力として静電力を加える可動側の共通電極を兼用している。もともと、例えば、ミラー2を下側の絶縁膜（S i N膜等）と上側のA1膜とで構成したような場合には、その下面に3つの電極を、互いに独立して、後述する基板1上の電極4a、4b、4c

とそれぞれ対向するように形成してもよい。
【0024】本実施の形態では、前記支持機構は、それぞれが基板1とミラー2との間を機械的に接続する3つの支持部3A、3B、3Cで構成されている。これらの支持部3A～3Cは同じ構造を有している。ここで、支持部3Aについてのみ説明する。

【0025】支持部3Aは、1つの板ばね部5を有している。板ばね部5は、下側のS i N膜6と上側のA1膜7とが積層された2層の薄膜で構成されている。板ばね部5の材料や層数はこれに限定されるものではなく、層数は1つ以上であればよい。板ばね部5は、図1に示すように、基板1の面の法線方向から見ると平面視でミラー2の半径方向に延びる直線状に構成されている。また、板ばね部5は、図2に示すように、少なくとも前記駆動信号が供給されない状態において、上方（基板1と反対側）に反っている。なお、図2及び図3は、駆動信号が供給されていない状態を示している。板ばね部5は必ずしも上方に反る必要はないが、本実施の形態のようには板ばね部5が上方に反っていること、ミラー2の高さを稼ぐことができる。好ましい。

【0026】図1及び図2に示すように、板ばね部5の一端部は、基板1上に形成されたA1膜からなる配線パターン8（図1では図示省略）を介して基板1から立ち上がる立ち上がり部を持つ脚部9を介して、基板1に機械的に接続されている。本実施の形態では、脚部9は、板ばね部5を構成するS i N膜6及びA1膜7がそのままと延びることによって構成される。A1膜7は、電極として兼用されたミラー2と配線パターン8に電気的に接続する配線として兼用され、脚部9においてS i N膜6に形成された開口を介して配線パターン8に電気的に接続されている。なお、本実施の形態では、各支持部3A～3Cの配線パターン8は電気的に共通に接続されている。

【0027】また、図1及び図2に示すように、板ばね部5の他端部は、当該他端部とミラー2とを相対的にスライド自在に機械的に接続する薄膜スライド接続機構により、ミラー2に機械的に接続されている。本実施の形態では、前記薄膜スライド接続機構は、ミラー2の円板部（平板部）2aに形成された長穴2cと、長穴2cに遊びを持って挿通された板ばね部5の他端部に固定された挿通部10と、を有している。本実施の形態では、長穴2cは、前述したように板ばね部5が平面視でミラー2の半径方向に直線状に延びていることに合わせて、ミラー2の半径方向に直線状に延びている。

【0028】長穴2cの幅（図2中の紙面に垂直な方向の幅、図1も参照）が挿通部10の幅より若干（例えば、ミクロンオーダー程度）広く構成されることにより、長穴2cと挿通部10との間に遊び（長穴2cの幅方向の余裕）が形成されている。挿通部10の上部に形成された板ばね部50が長穴2cの幅より広い幅を持

一2の高さを稼ぐことができる。反りの程度は前述した図6、7の成膜時の条件により設定することができる。この反りの程度と板ばね部5の長さによって、ミラー2の高さを自在に設定することができる。以上の点から、ミラー2が比較的大きくても(例えば、直径1mm程度でも)、ミラー2の高さを例えば200μm程度に設定することができる。ミラー2の傾き可能な角度を比較的大きくすることが可能となる。

【0048】また、本実施の形態によれば、支持部3A～3Cの全てが、ミラー2の側から基板1を見下す平面視でミラー2に隠れる位置に配置されているので、支持部3A～3C及びミラー2が占める基板1の面積を低減することができる。2次元配置された素子の集積度を高めることができ、当該ミラーデバイスの小型化を図ることができ、

【0049】そして、本実施の形態によれば、板ばね部5の他端部が前記薄膜スライド接続機構により形成されているので、ミラー2の振動等に伴って生じようとするストレス(ミラー2や板ばね部5に加わるストレス)が、この薄膜スライド接続機構により緩和され、機械的な強度を高めることができるとともにミラー2の振動動作が円滑となる。

【0050】【第2の実施の形態】

【0051】図6は、本発明の第2の実施の形態によるミラーデバイスの単位素子を模式的に示す縦断面図であり、図2に対応している。図6において、図1乃至図3中の要素と同一又は対応する要素には同一符号を付し、その重複する説明は省略する。

【0052】本実施の形態が、前記第1の実施の形態と異なる所は、図1中の支持部3Aが図6に示す支持部33Aで置き換えられ、図1中の支持部3B、3Cが図6に示す支持部33Aと同じ構造を持つ支持部(図示せず)でそれぞれ置き換えられている点のみである。

【0053】図1及び図2に示す支持部3Aが1つの板ばね部5のみを有しているのに対し、図6に示す支持部33Aは、互いに機械的に直列に接続された2つの板ばね部34、35を有している。板ばね部34、35の各々は、基板1の面の法線方向から見た平面視で直線状に構成されている。

【0054】2つの板ばね部34、35がなす機械的な接続ルートの一端部に相当する板ばね部34の一端部は、基板1上に形成された配線パターン8を介して、基板1から立ち上がる立ち上がり部を持つ脚部9を介して、基板1に機械的に接続されている。2つの板ばね部34、35がなす機械的な接続ルートは他端部に相当する板ばね部35の一端部は、前記第1の実施の形態における薄膜スライド接続機構と同じ薄膜スライド接続機構により、ミラー2に機械的に接続されている。本実施の形態では、板ばね部35の他端部は、板ばね部35が板ばね部34の長さ方向を一直線状に延長して継ぎ足すよう

に、板ばね部34の他端部に機械的に接続されている。この板ばね部34、35の端部同士は機械的な接続は、基板1側の板ばね部34の端部がこの端部から立ち上がる立ち上がり部を持つ接続部36を介してミラー2側の板ばね部35の端部に機械的に接続されることにより、行われている。

【0055】板ばね部34は、図2中の板ばね部5と同じく、下側のSiN膜6と上側のAl膜7とが積層された2層の薄膜で構成されている。脚部9は、板ばね部34を構成するSiN膜6及びAl膜7がそのまま延びることによって構成されている。

【0056】一方、板ばね部35は、板ばね部34とは2層の上下が逆になっており、下側のAl膜37と上側のSiN膜38とが積層された2層の薄膜で構成されている。接続部36は、板ばね部35を構成するAl膜37及びSiN膜38がそのまま延びることによって形成されている。スペーサ11は膜38に形成された開口を介してAl膜37に電気的に接続されている。図6では接触していないかのように示しているが、実際にはAl膜13、37のいずれかが必然的にミラー2と接触することから、ミラー2は板ばね部33Aを構成するAl膜37に電気的に接続され、ひいてはAl膜7を介して配線パターン8に電気的に接続されている。

【0057】板ばね部34は、図6に示すように、少なくとも前記駆動信号が供給されない状態において、上方(基板1と反対側)に反っている。なお、図6は、駆動信号が供給されない状態を示している。一方、板ばね部35は、少なくとも前記駆動信号が供給されている状態において、板ばね部34とは逆に、下方(基板1側)に反っている。本実施の形態では、板ばね部34、35の反りの程度及び長さと同様に、これにより、一端部が前記薄膜スライド接続機構を介してミラー2に機械的に接続された板ばね部35の当該一端部が、基板1の面と略々平行となっている。もともと、他の設定によっても、板ばね部35の当該一端部を基板1の面と略々平行にすることは可能である。

【0058】本実施の形態によるミラーデバイスも、前記第1の実施の形態と同様に、膜の形成及びパターンニング、犠牲層の形成及び除去などの半導体製造技術を利用して、製造することができる。

【0059】本実施の形態によっても、基本的には、前記第1の実施の形態と同様の利点が得られる。また、本実施の形態によれば、前記薄膜スライド接続機構を介してミラー2と接続されている板ばね部35の端部が基板1の面と略々平行となっているので、ミラー2と板ばね部35の端部との相対的なスライドが、よりスムーズに行われる。したがって、ミラー2や板ばね部35等に加わるストレスがより緩和され、機械的な強度をより高めることができることにもミラー2の振動動作がより円滑となる。

【0060】なお、図1中の支持部3Aを図6に示す支持部33Aで置き換える際に、脚部9及び前記薄膜スライド接続機構の位置を逆にし、同様に、図1中の支持部3B、3Cを図6に示す支持部33Aと同じ構造を持つ支持部でそれぞれ置き換える際に、脚部9及び前記薄膜スライド接続機構の位置を逆にしてもよい。

【0061】【第3の実施の形態】

【0062】図7は、本発明の第3の実施の形態による光スイッチを示す縦断面図である。

【0063】本実施の形態による光スイッチは、前述した第1又は第2の実施の形態によるミラーデバイス20を含み、2次元配置された複数の光出力用ファイバ201から出射される光を複数の光出力用ファイバ202のいずれかに入射させる。

【0064】複数の光出力用ファイバ201から出射された光は、ミラーデバイス200の各素子のミラー2へそれぞれ入射される。その入射のために、必要に応じて、複数の光出力用ファイバ201とミラーデバイス200との間にレンズ等の光学系を配置してもよい。

【0065】ミラーデバイス200は、光路切り換え状態を指令する制御信号に応じて、各素子の電極としてのミラー2と電極4a、4b、4cとの間に駆動信号(本実施の形態では、電圧)が与えられ、この駆動信号により応じた方向及び振動量で前記ミラーが前記基体に対して傾く。その結果、ミラー2で反射された後の光の進行方向が偏向される。図7において、P1はある光入力用ファイバ202へ入射される出力光を示している。

【0066】本実施の形態によれば、前述した第1又は第2の実施の形態のいずれかであるミラーデバイス200が用いられているので、入力光路と出力光路とのミラー2で多くの出力光路に切り換えることができ、例えば、1000個のミラー2で1000個の入力光路を1000個の出力光路に切り換えることができる。したがって、本実施の形態によれば、ミラー2の数が少なくて済むため、前述した従来のMEMS技術を利用した機械式光スイッチに比べて、小型化及び駆動性が大幅に向上する。

【0067】以上、本発明の各実施の形態について説明したが、本発明はこれらの実施の形態に限定されるものではない。

【0071】また、本発明は、このような光スイッチな

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態によるミラーデバイスの単位素子を模式的に示す縦断面図である。

【図2】図1中のO-A線に沿った縦断面図である。

【図3】図1中のO-D線に沿った縦断面図である。

【図4】本発明の第1の実施の形態によるミラーデバイスの製造方法の各工程をそれぞれ模式的に示す縦断面図である。

【図5】本発明の第1の実施の形態によるミラーデバイスの製造方法の他の各工程をそれぞれ模式的に示す縦断面図である。

【図6】本発明の第2の実施の形態によるミラーデバイスの単位素子を模式的に示す縦断面図である。

【図7】本発明の第3の実施の形態による光スイッチを示す縦断面図である。

【符号の説明】

1 基板

2 ミラー

2c 長穴

3A、3B、3C 支持部

4A、4B、4C 電極

5 板ばね部

9 脚部

10 薄膜部

200 ミラーデバイス

201 光出力用ファイバ

202 光出力用ファイバ